

高張力鋼の海水中フレット疲労に
おける損傷飽和中沢 興三*・角田 方衛*・丸山 典夫*²Saturation of Damage in Fretting Fatigue of High Strength Steels
in Seawater

Kozo NAKAZAWA, Masae SUMITA and Norio MARUYAMA

Synopsis:

The saturation behaviors of damage in fretting fatigue at frequencies of 1 and 20 Hz in seawater under freely corroding condition were studied using high strength steels having tensile strengths of 490, 690 and 880MPa. Fretting damage saturated beyond a certain number of fretting cycles, and this number varied drastically with the steel and the frequency. The saturation behaviors of damage could be divided into two groups, that is, the smallest numbers of fretting cycles to cause the saturation were less than 0.1% of the fretting fatigue life (group 1) and more than 40-60% (group 2). They had a strong relationship to crack initiation and growth behaviors. In group 1, cracks propagated normal to the alternating stress axis from the early stage of crack propagation. However, in group 2 the cracks propagated at angles less than 90° to the alternating stress axis, but changed direction to become normal as they propagated beyond a certain length. This relationship could be explained from the mechanism that the decrease in the fretting fatigue lives of group 1 resulted from the decrease in crack initiation life caused by the acceleration of corrosion pit formation, and that of group 2 from crack initiation and growth caused by fretting.

Key words: fretting fatigue; saturation of damage; high strength steel; seawater; free corrosion; frequency.

1. 緒 言

繰返し応力や振動によって微小な相対すべりを伴う構造部材の接合部あるいは接触部ではフレット疲労によってその疲労強度が著しく減少することが知られており、フレット疲労特性を把握し、損傷機構を解明することは、設計上あるいは信頼性向上、表面改質などによる特性向上のために必要である。鋼のフレット疲労特性に関しては、試験環境として大気中の研究が多く、腐食環境下の研究¹⁾²⁾はわずかで、鋼の海水中フレット疲労に関しては不明の点が多い。著者らはこれまで引張強さが490-880MPa級の係留用高張力鋼の海水中フレット疲労寿命が海水中の通常疲労寿命より著しく短いこと、また880MPa級鋼についてフレット疲労損傷被害はある繰返し数を超えると飽和し、その飽和を起す下限界の繰返し数は大気中で寿命の約30%であるのに対し、海水中の場合、0.005%以下と極めて小さく、わずかなフレット疲労によって寿命が低下することを示した³⁾。

そこでさらに海水中フレット疲労寿命に及ぼす繰返し速度の影響および損傷飽和挙動に及ぼす鋼種および繰返し速度の影響を検討した結果、飽和の下限界繰返し数はそれらの影響を著しく受けることが明らかになったので、それを報告する。

2. 実験方法

供試材は前報³⁾と同じ490, 690および880MPa級チェーン用鋼で、それらの化学成分をTable 1に示す。各鋼種とも高純度原材料を用いて真空高周波溶解にて20kg鋼塊に溶製した。これら鋼塊は1473K-3.6ks加熱後鍛造により60mm角棒とし、さらに1473K-7.2ks加熱後熱間圧延により直径25mmの丸棒にした。690および880MPa級鋼はソルトバスを用いて1173K-7.2ks加熱後空冷→1153K-3.6ks加熱後水冷→838K-3.6ks加熱後水冷の焼入れ焼もどし処理を行った。490MPa級鋼は圧延ままとした。これら素材の機械的性質をTable 2に示す。

フレット疲労試験方法は前報³⁾と同様である。

昭和63年11月本会講演大会にて発表 平成元年11月13日受付 (Received Nov. 13, 1989)

* 金属材料技術研究所筑波支所 工博 (Tsukuba Laboratories, National Research Institute for Metals, 1-2-1 Sengen Tsukuba 305)

*² 金属材料技術研究所筑波支所 (Tsukuba Laboratories, National Research Institute for Metals)

Table 1. Chemical composition of steels used (mass%).

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	Fe
490MPa grade	0.25	0.29	1.20	0.002	0.002	—	—	—	—	0.059	Bal.
690MPa grade	0.32	0.38	1.40	0.002	0.002	—	—	—	—	0.053	Bal.
880MPa grade	0.18	0.32	1.26	0.001	0.003	1.04	0.60	0.49	0.26	0.059	Bal.

Table 2. Mechanical properties of steels used.

	0.2% P.S. (MPa)	U.T.S. (MPa)	R.A. (%)	EL (%)
490MPa grade	364	540	75	29
690MPa grade	682	808	71	17
880MPa grade	917	1010	70	15

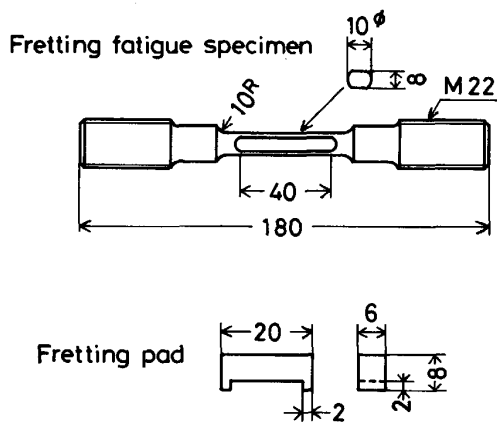


Fig. 1. Specimen dimensions.

試験片の寸法形状を Fig. 1 に示す。各フレットング疲労試験において、パッドおよびパッドの押し付け棒はフレットング疲労試験片と同一の素材を用いた。通常の疲労寿命試験には砂時計型疲労試験片(切欠係数 $K_t = 1.08$)を用いた。試験片表面およびパッドの接触面は0番エメリー紙で研磨した後、アセトンで脱脂して試験に供した。なお、フレットング疲労試験片の肩(R部)の部分はシリコンゴムで被覆した。

試験には容量 10 t の電気油圧サーボ式の疲労試験機を用いた。パッドの接触面圧を 80MPa (8.2 kgf/mm²) 一定とし、繰返し負荷は、正弦波形、繰返し速度 0.17-20 Hz でおもに 1 および 20 Hz を使い、片振りの応力比 $R = 0.1$ の荷重制御で行った。単位応力振幅当たりの相対すべり振幅は約 0.05 $\mu\text{m}/\text{MPa}$ である。パッドと試験片間の摩擦力はパッド中心部の側面に歪みゲージを貼り付けて測定した。海水は ASTM D1141-75 による人工海水を用い、pH を 8.2 とし、空気をバブリングにより飽和溶解させた。海水の温度は 298 \pm 0.2 K (25 \pm 0.2°C) に制御した。疲労寿命に及ぼすフレットング損傷の影響および繰返し数に伴う損傷飽和挙動を調べるため、ある繰返し数だけフレットング疲労試験を

行った後、フレットング用のパッドを取りはずし、引き続き同一応力振幅で通常の疲労試験に移行する寿命試験を行った。この試験を以後、中断フレットング疲労試験と呼ぶ⁴⁾。

3. 実験結果

3.1 フレットング疲労に及ぼす繰返し速度の影響

880 MPa 級鋼の海水中自然腐食下(以後、本報では単に海水中と呼ぶ)および大気中、応力振幅 300MPa におけるフレットング疲労寿命に及ぼす繰返し速度の影響を Fig. 2 に示す。この応力振幅における相対すべり振幅は約 15 μm である。大気中のフレットング疲労寿命は繰返し速度によってほとんど変化しない。これに対し、海水中の寿命は繰返し速度が高いと大気中の寿命とほぼ同じであるが、繰返し速度が低くなるに従い低下し、大気中の寿命との差が大きくなる。

880, 690 および 490MPa 級鋼の海水中 1 Hz におけるフレットング疲労寿命の S-N 曲線をそれぞれ Fig. 3, 4 および 5 に示す。比較のために前報³⁾ で得られた 20 Hz における大気中および海水中の結果も併せて示す。各鋼の海水中フレットング疲労寿命は、20 Hz の場合、高応力振幅では大気中の寿命と大差はないが、低応力振幅では大気中の寿命より著しく低下する。1 Hz の場合、20 Hz の場合よりも高い応力振幅範囲まで海水中の方が大気中より寿命は著しく低下している。また各鋼とも 20 Hz より 1 Hz の方が寿命が低下しており、そ

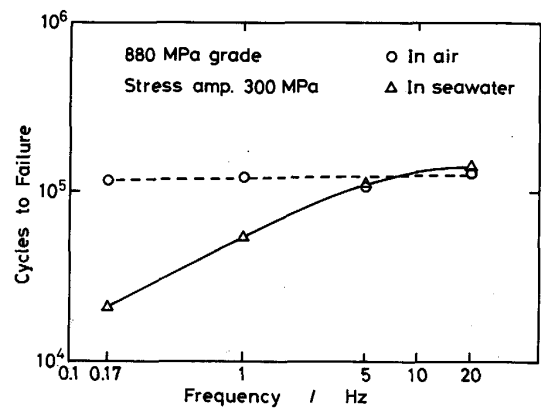


Fig. 2. Effect of frequency on fretting fatigue life at a stress amplitude of 300MPa in seawater for 880MPa grade steel.

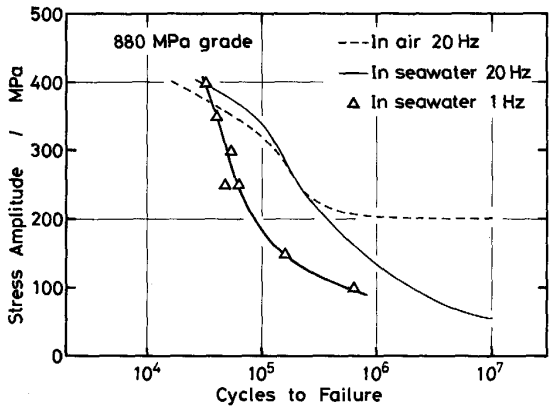


Fig. 3. S-N curves of fretting fatigue at 1 Hz in seawater for 880MPa grade steel. For comparison, the data at 20 Hz in air and seawater obtained in the previous paper³⁾ are also shown.

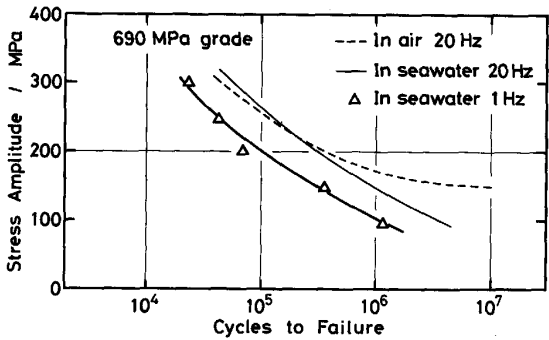


Fig. 4. S-N curves of fretting fatigue at 1 Hz in seawater for 690MPa grade steel. For comparison, the data at 20 Hz in air and seawater obtained in the previous paper³⁾ are also shown.

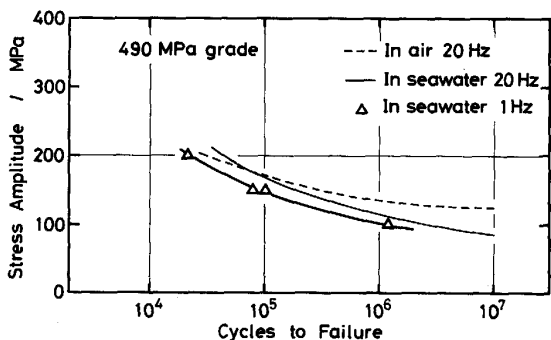


Fig. 5. S-N curves of fretting fatigue at 1 Hz in seawater for 490MPa grade steel. For comparison, the data at 20 Hz in air and seawater obtained in the previous paper³⁾ are also shown.

の低下率は 690 および 880MPa 級鋼の方が 490MPa 級鋼より大きい傾向が認められる。これについては考察で述べる。

3.2 フレット疲労損傷飽和挙動

490, 690 および 880MPa 級鋼について、海水中 20 Hz,

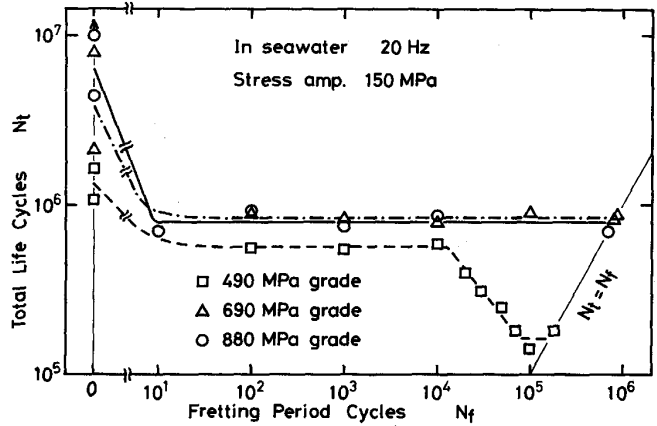


Fig. 6. Saturation behaviors of fretting damage at a stress amplitude of 150MPa at 20 Hz in seawater for three steels.

応力振幅 150MPa における中断フレット疲労試験の結果を Fig. 6 に示す。この応力振幅における相対すべり振幅は約 $7.5 \mu\text{m}$ である。図の横軸はフレット疲労繰返し数 N_f 、縦軸はフレット疲労繰返し数を含んだ全寿命 N_t を表す。 $N_t = N_f$ の線の上の実験点は純フレット疲労寿命を、 $N_f = 0$ 上の実験点はフレットの関与しない通常の疲労寿命を示す。880MPa 級鋼の結果は前報で示したようにわずか 10 程度程度の N_f によって N_t は通常の疲労寿命より低下し、その値は純フレット疲労寿命に一致する。 N_f がそれ以上に増加しても N_t は変化しない。すなわち、フレット損傷被害はわずかなフレット繰返し数で飽和し、その飽和を生ずる限界繰返し数は全寿命の 0.005% 以下である。690MPa 級鋼についても、880MPa 級鋼と同様である。一方、490MPa 級鋼の場合、 N_t は 100 回以下の N_f で通常の疲労寿命より低下し、 N_f が 10^3 - 10^4 に増加してもその寿命のままで変化しない。しかし、 N_f が 2×10^4 以上になると N_t は N_f の増加とともにさらに低下し、 7×10^4 以上で N_t は再び一定となりその値は純フレット疲労寿命に一致する。すなわち、フレット損傷の飽和は 2 段階で起こり、限界繰返し数は全寿命の約 40% である。

880MPa 級鋼の応力振幅 250MPa (相対すべり振幅は約 $12.5 \mu\text{m}$)、海水中 1 および 20 Hz における中断フレット疲労試験の結果を Fig. 7 に示す。20 Hz では前報³⁾で示したように限界繰返し数は全寿命の 0.005% 以下で、損傷飽和は 1 段階で起こるのに対し、1 Hz では、 N_f が 2×10^4 までは 1 段階目の損傷飽和が、 3×10^4 以上で 2 段階目の損傷飽和が起こり、限界繰返し数は全寿命の約 60% である。690 および 490MPa 級鋼

の応力振幅 150MPa, 海水中 1 Hz における中断フレッティング疲労試験の結果を Fig. 8 に示す. 690MPa 級鋼の 1 Hz における損傷飽和は 20 Hz の場合とは異なり, 2 段階で起こり, 限界繰返し数は全寿命の約 60% である. 490MPa 級鋼の 1 Hz における損傷飽和は 20

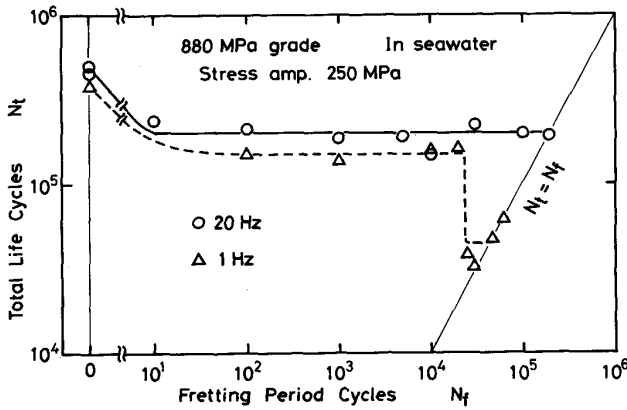


Fig. 7. Effect of frequency on saturation behaviors of fretting damage at a stress amplitude of 250MPa in seawater for 880MPa grade steel.

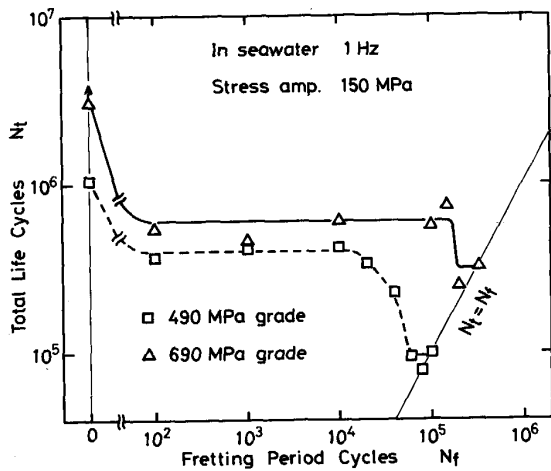


Fig. 8. Saturation behaviors of fretting damage at a stress amplitude of 150MPa at 1 Hz in seawater for 490 and 690MPa grade steels.

Hz と同様に 2 段階で起こり, 限界繰返し数は全寿命の約 60% である. 以上のように海水中フレッティング疲労損傷飽和挙動は, 同一試験条件下でも鋼種によって, あるいは同一鋼種でも繰返し速度によって異なる.

4. 考 察

4.1 損傷飽和挙動とき裂発生および伝播挙動

海水中フレッティング疲労の損傷飽和挙動は, 鋼種および繰返し速度の違いにより異なるが, それらの結果は二つのグループに大別することができる. すなわち, 損傷飽和が 1 段階で起こり, 飽和を生ずるのに必要な最小の繰返し数 (以後これを限界繰返し数と呼ぶ) が全寿命の 0.1% 以下と著しく小さい場合 (グループ 1) と, 損傷飽和が 2 段階で起こり, 限界繰返し数が全寿命の 40-60% と大きい場合 (グループ 2) に分類できる. Fig. 9 に N_f と N_t の関係を模式的に示す. 図中, N_{fs} は限界繰返し数, N_{fs}' はグループ 2 における第 1 段階目の損傷飽和の生ずる最小の繰返し数を表す. 880 および 690MPa 級鋼の 20 Hz の結果はグループ 1 に, また 880 および 690MPa 級鋼でも 1 Hz の結果, および 490MPa 級鋼の 1 および 20 Hz における結果はグループ 2 に相当する. グループ 1 の 880MPa 級鋼の 20 Hz における結果は, 前報³⁾ で述べたように, 初期のわずかな繰返し数のフレッティング損傷によって局部的に腐食ピット形成が促進され, 約 4×10^4 回後その腐食を促進された部分にき裂が発生した. また繰返し初期ですでに損傷が飽和していることからわかるように, そのき裂の伝播はフレッティング作用下の力学的因子の影響を受けず, き裂は伝播初期から繰返し応力軸に対しほぼ直角に伝播した. グループ 2 の場合, 限界繰返し数の全寿命に占める割合は大きく, 前報³⁾ で示した大気中の割合 (30%) およびこれまで鋼について報告されている大気中の結果⁴⁾⁻⁶⁾ に近い. グループ 1 の損傷飽和およびグループ 2 の 1 段階目の飽和が大気中の結果には見られない海水中特有の挙動

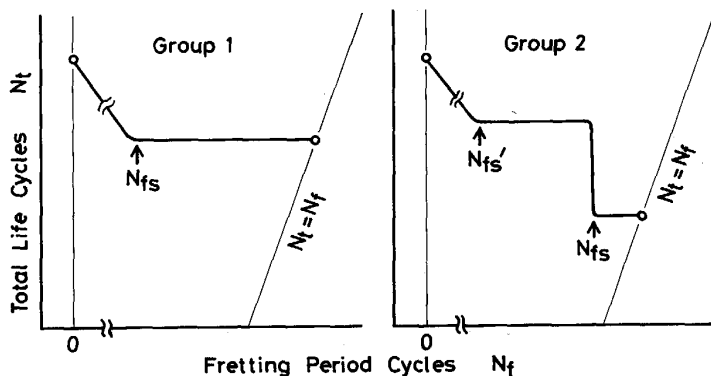
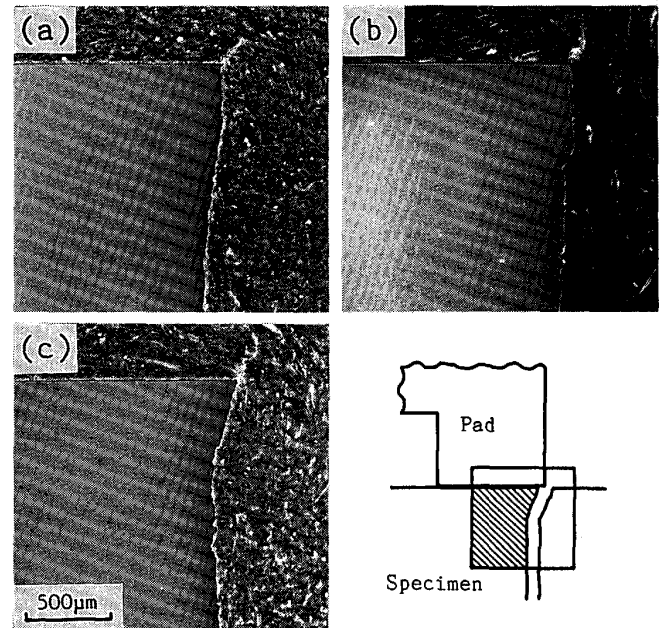


Fig. 9. Schematic representation of saturation behaviors of fretting damage in seawater.

と考えられる。大気中におけるき裂伝播はフレット疲労の影響を受け、伝播初期のき裂は繰返し応力軸に対し 90° より小さな角度で伝播し、き裂は長くなるとフレット疲労の影響を脱して伝播方向を 90° に変えた。大気中でのき裂発生は 4×10^4 回以後に起こっており³⁾、グループ2の 1×10^4 – 1×10^5 回での2段目の損傷飽和もき裂の発生および伝播と関係をもつと考えられる。グループ2の損傷飽和挙動を示すフレット疲労におけるき裂伝播挙動はグループ1とは異なり大気中同様にフレット疲労の影響を受けていると考えられるので、き裂伝播状況を観察した。

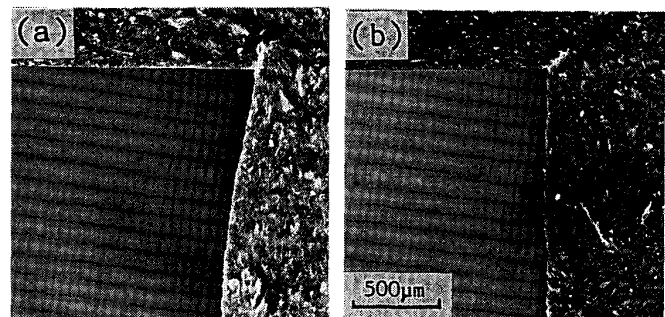
Photo. 1 は、破壊の起点近傍部を接触面に垂直でかつ繰返し応力軸に平行な面で切断した縦断面を観察したもので、880、690 および 490MPa 級鋼の海水中 20 Hz における純フレット疲労におけるき裂伝播状況を示す。880MPa 級鋼の 1 Hz におけるき裂伝播状況を Photo. 2 に示す。20 Hz における 880 および 690MPa 級鋼 (Photo. 1(a) および (b)) ではき裂は伝播初期から応力軸と約 90° の角度をなして伝播しているのに対し、490MPa 級鋼 (Photo. 1(c)) では、伝播初期に応力軸に対して約 75° の角度で伝播し、き裂が長くなって約 $500 \mu\text{m}$ を超えるとその角度を 90° に変える。880 MPa 級鋼でも 1 Hz の場合 (Photo. 2(a)) は、き裂は伝播初期に応力軸に対し約 80° の角度で伝播し、き裂が長くなるとその角度を約 90° に変える。以上のように、き裂伝播方向と繰返し応力軸とのなす角度がき裂伝播初期段階から約 90° の場合と、伝播初期では 75 – 85° で、き裂長さが数百 μm を超えると 90° になる場合が観察され、それぞれ前者はグループ1の、後者はグループ2の損傷飽和挙動を示したものに对应している。このほか、690 および 490MPa 級鋼の 1 Hz の結果についても、同様の対応があることが認められた。なおグループ2の損傷飽和挙動を示す場合でも、中断フレット疲労試験において第1段目の飽和に相当するフレット疲労繰返し数しか損傷が付与されない時は、Photo. 2(b) の 880MPa 級鋼、応力振幅 250MPa、1 Hz、 $N_f = 2 \times 10^4$ 、 $N_t = 1.6 \times 10^5$ の結果 (Fig. 7 参照) に示されるように、き裂は伝播初期から繰返し応力軸に対し約 90° の角度で伝播する。以上のように、グループ2では、初期のき裂伝播方向が繰返し応力軸に対して、 90° より小さい角度であることから、大気中同様、き裂伝播はフレット疲労の影響を受けたと考えられる。

一般に、フレット疲労作用下の疲労き裂は、その伝播初期段階でフレット疲労の影響を受け、き裂伝播速度は加速され^{5)7)–9)}、また伝播方向は、応力振幅、接触



(a) 880MPa grade steel, stress amplitude 250MPa
(b) 690MPa grade steel, stress amplitude 150MPa
(c) 490MPa grade steel, stress amplitude 150MPa

Photo. 1. Longitudinal sections near the initiation site of fracture in fretting fatigue specimens failed at 20 Hz in seawater.



(a) Pure fretting fatigue, $N_t = N_f = 4.5 \times 10^4$
(b) Interrupted two-stage fretting fatigue, $N_f = 2 \times 10^4$,
 $N_t = 1.6 \times 10^5$

Photo. 2. Longitudinal sections near the initiation site of fracture in fretting fatigue specimens of 880MPa grade steel failed at a stress amplitude of 250MPa at 1 Hz in seawater.

面圧、摩擦応力振幅からなる組合せ応力状態に依存する⁵⁾¹⁰⁾と考えられている。ここで摩擦応力振幅は、接触面圧と摩擦係数の積である。海水中 20 Hz における摩擦係数は、前報³⁾で示したように応力振幅 150MPa では鋼種間に大差がなく約 0.3 であった。880MPa 級鋼の応力振幅 250MPa における 1 および 20 Hz での繰返し数に伴う摩擦係数の変化を Fig. 10 に示す。摩擦係数は繰返し数とともに変化するが、 10^3 – 10^4 回では繰返し

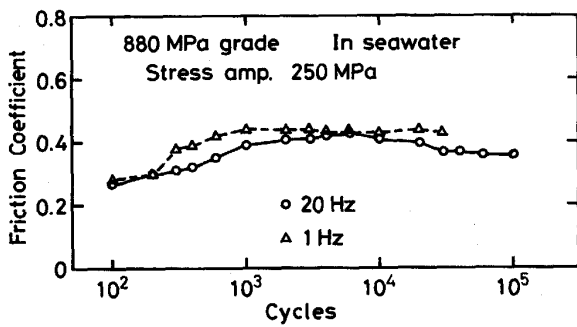


Fig. 10. Friction coefficient vs. number of cycles during fretting fatigue at a stress amplitude of 250MPa at 1 and 20 Hz in seawater for 880MPa grade steel.

速度にほとんど依存せず約0.4である。このように摩擦係数すなわちフレットング作用下の力学的条件がほぼ同じであるにもかかわらず、き裂伝播挙動がフレットングの影響を受けるグループ2とそれを受けないグループ1が認められた。

4.2 き裂発生および伝播機構

フレットング損傷飽和挙動およびき裂の発生と伝播状況の観察をもとにしてグループ1および2におけるフレットング疲労繰返し数に伴うき裂長さの変化を模式的に表すと Fig. 11 に示すようになる。図中 $a_{p \rightarrow c}$ および a_f はそれぞれ腐食ピットから疲労き裂へ変わるピットの深さおよび最終破断時の疲労き裂長さを示す。フレットングなしの通常疲労では、まず腐食ピットが生じ、それがしだいに成長して深くなり、ある深さ $a_{p \rightarrow c}$ を超えると疲労き裂として成長する^{11)~13)}。そして疲労き裂の成長速度は腐食ピットの成長速度より大きくなる。フレットングによるき裂発生には損傷の累積すなわち潜伏期を必要とし、前報の大気中の場合、約 4×10^4 回でき裂が発生した³⁾。そのき裂伝播初期はフレットングによって著しく加速されるがき裂がある長さを超えるとフレットングの影響を受けなくなり、通常の

疲労き裂の伝播と同様になる。

グループ1の損傷飽和を示すフレットング疲労 (Fig. 11(a)) では、初期のわずかな繰返し数 N_{fs} のフレットング損傷によって腐食ピット形成が加速され、以後のフレットング損傷付与は破断寿命に影響を及ぼさない。また、き裂の伝播方向もフレットングの影響を受けず、繰返し応力軸に対して 90° の方向である。したがって通常疲労寿命と比べて初期の腐食ピット形成加速分だけ寿命が短くなったと考えられる。フレットングによるき裂発生伝播経路のき裂成長曲線は、図中破線で示すように、ピット経路のき裂成長曲線より高繰返し数側に位置すると考えられる。

グループ2の損傷飽和を示すフレットング疲労 (Fig. 11(b)) では、初期のフレットング損傷 ($N_f > N_{fs}'$) によって腐食ピット形成が加速されるのはグループ1と同様である。しかし、 10^4 - 10^5 回のフレットング繰返し数 ($N_f > N_{fs}'$) でフレットングによりき裂が発生伝播し、そのき裂長さはピット経路のき裂長さより長くなる。そのき裂発生点は、初期の損傷で形成された腐食ピットの応力集中の高い底部と考えられる。フレットングによりき裂伝播が加速されている間のき裂伝播方向は繰返し応力軸に対して 90° より小さい角度をなす。き裂がある長さを超えると、フレットングの影響を受けなくなり、その伝播方向は繰返し応力軸に対し 90° の角度をなす。このように、グループ2のフレットング疲労寿命はフレットングによるき裂の発生および伝播によって低下したと考えられる。また、 $N_{fs} > N_f > N_{fs}'$ の中断フレットング疲労試験では、ピット形成加速分だけ寿命が低下する。

以上のようなフレットング疲労繰返し数に伴うき裂発生伝播機構を考えると、海水中におけるフレットング損傷飽和挙動とき裂発生伝播挙動との関係は良く説明できる。いずれのグループの損傷飽和挙動になるかは、Fig. 11 の模式図に示したように、初期フレットング

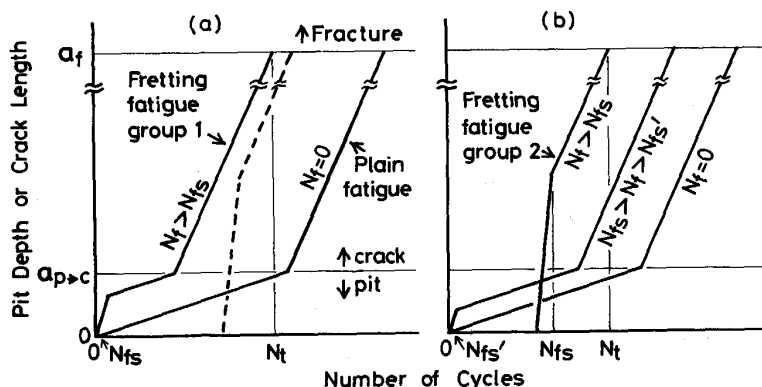


Fig. 11. Schematic representation of crack length vs. number of cycles in fretting fatigue of groups 1 and 2.

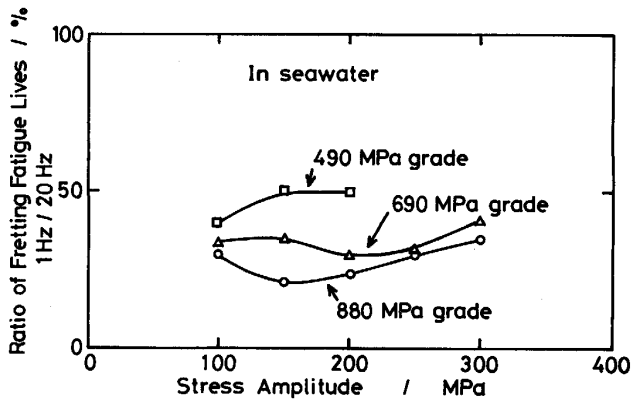


Fig. 12. Ratio of fretting fatigue life at 1 Hz to that at 20 Hz in seawater as a function of stress amplitude for three steels.

により腐食ピット形成の加速のみを受けた場合のき裂発生伝播と、フレット疲労によるき裂発生伝播との競合関係に依存すると考えられる。フレット疲労と密接な関係をもつと考えられる摩擦係数が鋼種および繰返し速度によってほとんど変化しなかったため、摩擦係数はこれらの競合関係にあまり関与していないと思われる。これらの競合関係が鋼種および繰返し速度に依存する理由は不明で今後さらに検討する必要がある。

4.3 寿命の繰返し速度依存性

各鋼の海水中フレット疲労寿命は Fig. 3-5 に示すように 20 Hz より 1 Hz の方が短い。繰返し速度低下に伴い寿命が減少する現象は同じでも、前述したようにフレット疲労損傷機構の変化を伴う場合と伴わない場合がある。Fig. 12 は Fig. 3-5 をもとにして、各鋼の 20 Hz におけるフレット疲労寿命に対する 1 Hz における寿命の比を応力振幅を横軸として示したものである。その比は 690 および 880 MPa 級鋼では 20-30% であるのに対し、490 MPa 級鋼では約 50% で、前二者の方が後者より繰返し速度低下に伴う寿命低下が大きい。前二者における損傷機構は 20 Hz ではグループ 1、1 Hz ではグループ 2 であったのに対し、後者のそれは両繰返し速度でともにグループ 2 であった。したがって 690 および 880 MPa 級鋼の方が 490 MPa 級鋼に比べて繰返し速度低下に伴う寿命低下の程度が大きいのは、グループ 1 からグループ 2 への損傷機構の変化に伴う寿命変化が重畳したためと考えられる。

5. 結 言

490, 690 および 880 MPa 級高張力鋼について海水中自然腐食下で 1 および 20 Hz にてフレット疲労試験を行い、フレット疲労損傷飽和挙動に及ぼす鋼種

および繰返し速度の影響を検討した。

(1) フレット疲労損傷被害はある繰返し数を超えると飽和し、飽和を生ずる最小の限界繰返し数は鋼種および繰返し速度に依存した。損傷飽和挙動は、飽和がフレット疲労寿命の 0.1% 以下で起こる場合 (グループ 1) と 40-60% で起こる場合 (グループ 2) の二つに大別された。490 MPa 級鋼の 1 および 20 Hz での飽和はともにグループ 2 に、また 690 および 880 MPa 級鋼の 1 Hz ではグループ 2 に、20 Hz ではグループ 1 に属した。

(2) き裂発生および伝播挙動と損傷飽和挙動とは密接な関係をもっていた。グループ 1 ではき裂は伝播初期より繰返し応力軸に対して直角に伝播したのに対し、グループ 2 ではき裂は伝播初期に 90° より小さい角度で伝播し、ある長さを超えると直角に伝播した。

(3) (2) の関係は、グループ 1 のフレット疲労寿命はフレット疲労による腐食ピット形成加速分だけ通常疲労寿命より低下し、グループ 2 のそれはフレット疲労によるき裂の発生および伝播で低下するという機構によって良く説明できた。

(4) 各鋼のフレット疲労寿命は 20 Hz より 1 Hz の方が短い。その低下は 490 MPa 級鋼より 690 および 880 MPa 級鋼の方が大きい。これは損傷機構の変化に伴う寿命低下が重畳したためと考えられる。

文 献

- 1) R. B. WATERHOUSE: Fretting Fatigue, ed. by R. B. WATERHOUSE (1981), p. 159 [Applied Science Publishers, London]
- 2) R. B. WATERHOUSE: Metal Treatments Against Wear, Corrosion, Fretting and Fatigue, ed. by R. B. WATERHOUSE and A. NIKU-LARI (1988), p. 31 [Pergamon Press, Oxford]
- 3) 中沢興三, 角田方衛, 丸山典夫, 河部義邦: 鉄と鋼, **74** (1988), p. 725
- 4) 佐藤建吉, 藤井 孟: 日本材料強度学会誌, **18** (1984), p. 98
- 5) K. ENDO and H. GOTO: Wear, **38** (1976), p. 311
- 6) M. H. WHARTON, D. E. TAYLOR and R. B. WATERHOUSE: Wear, **23** (1973), p. 251
- 7) J. A. ALIC and A. L. HAWLEY: Wear, **56** (1979), p. 377
- 8) 佐藤建吉, 藤井 孟, 田巻英男: 材料, **33** (1984), p. 1065
- 9) 武藤陸治, 西田友久, 坂本 勲: 材料, **37** (1988), p. 649
- 10) 西岡邦夫, 平川賢爾: 日本機械学会論文集 (第 1 部), **34** (1968), p. 1635
- 11) 駒井謙治郎, 箕島弘二, 金 貴植: 材料, **36** (1987), p. 141
- 12) 近藤良之: 日本機械学会論文集 A 編, **53** (1987), p. 1983
- 13) 増田千利, 蛭川 寿, 西島 敏, 阿部孝行: 日本機械学会論文集 A 編, **52** (1986), p. 1764